
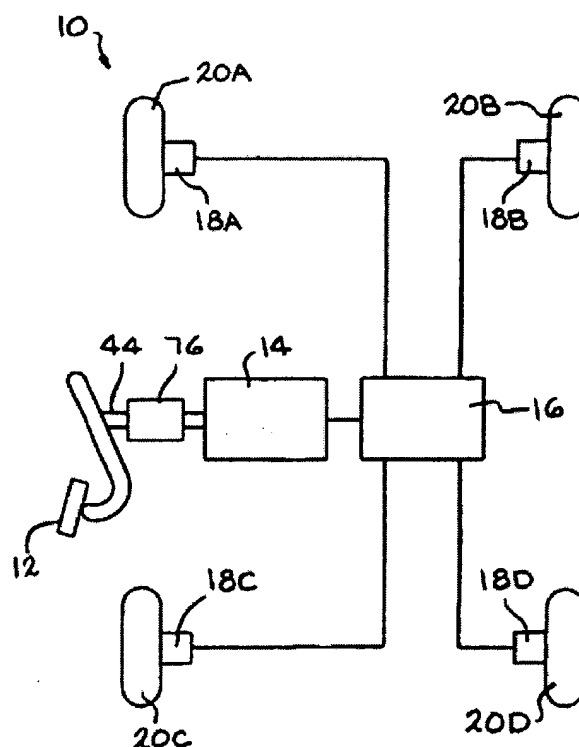


BEST AVAILABLE COPY**Programmierbarer elektronischer Pedalsimulator**

Patent number: DE19723665
Publication date: 1997-12-11
Inventor: KINGSTON ANDREW W (DE); OLIVERI SALVATORE (DE); FERGER ROBERT L (DE); WEIGERT THOMAS (DE)
Applicant: VARITY KELSEY HAYES GMBH (DE)
Classification:
- **international:** B60T13/66; B60T8/32; F16H25/22
- **european:** B60T8/32D14D; B60T13/74A; B60T8/00; B60T7/04B; B60T8/32D14; B60T8/40J
Application number: DE19971023665 19970605
Priority number(s): US19960019381P 19960605

Also published as: WO9746408 (A1)**Abstract of DE19723665**

A pedal simulator (14) for a vehicle braking system. The pedal simulator (14) is coupled to a brake pedal (12), and includes an electrical actuator operatively coupled to the brake pedal (12) to selectively exert a force on the brake pedal (12). A position sensor (32) is provided for generating a position signal indicative of the position of the brake pedal (12). A force sensor (42) is provided for generating a force signal indicative of the force exerted upon the brake pedal (12) by a driver. An electronic control unit (16) is provided which has programmed therein a desired relationship between the position signal and the force signal. The electronic control unit (16) determines an actual relationship between the position signal and the force signal and compares the actual relationship thus determined with the desired relationship. The electronic control unit (16) controls the electrical actuator to selectively exert a force on the brake pedal (12) to conform the actual relationship to the desired relationship.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 197 23 665 C 2

⑤① Int. Cl.⁶:
B 60 T 13/66
F 16 H 25/22
B 60 T 7/04

②① Aktenzeichen: 197 23 665.0-21
②② Anmeldetag: 5. 6. 97
④③ Offenlegungstag: 11. 12. 97
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 22. 7. 99

DE 197 23 665 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③⑩ Unionspriorität:
019381 05. 06. 96 US
⑦③ Patentinhaber:
Varity Kelsey-Hayes GmbH, 55252 Mainz-Kastel, DE
⑦④ Vertreter:
WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
Rechtsanwälte, 81541 München

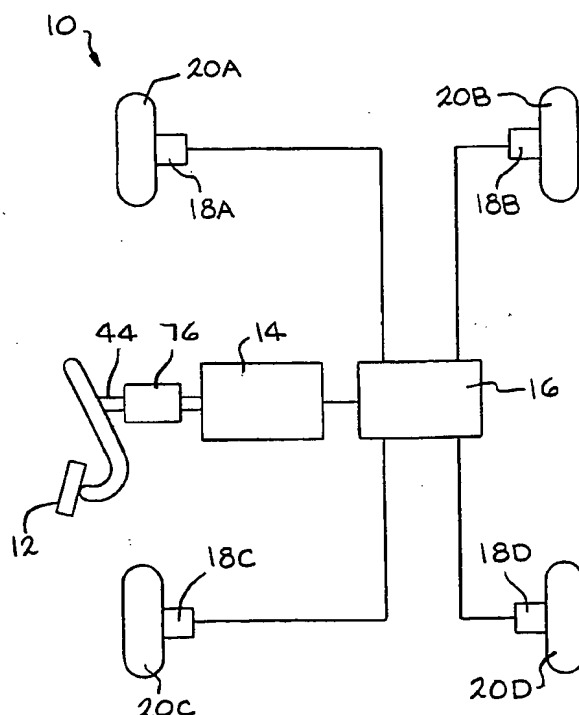
⑦② Erfinder:
Weigert, Thomas, 65812 Bad Soden, DE; Ferger,
Robert L., 61352 Bad Homburg, DE; Kingston,
Andrew W., 55262 Heidesheim, DE; Oliveri,
Salvatore, 56341 Filsen, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 1 95 40 705 A1
DE 37 35 315 A1
US 47 84 442

⑤④ Programmierbarer elektronischer Pedalsimulator

⑤⑦ Elektronischer Pedalsimulator (14) für ein Fahrzeug-
bremssystem, mit:
– einem Eingangsglied, das von einem Fahrzeugführer
wahlweise verlagert wird,
– einer Einrichtung zum Ermitteln eines Verhältnisses
zwischen einer Stellung des Eingangsgliedes und einer
Kraft, mit der der Fahrzeugführer das Eingangsglied ver-
lagert, und
– einer programmierbaren Federeinrichtung zum wahl-
weisen Unterstützen und Entgegenwirken einer vom
Fahrzeugführer bewirkten Verlagerung des Eingangsglie-
des entsprechend einem vorbestimmten Verhältnis aus
Stellung und Kraft.



DE 197 23 665 C 2

Die Erfindung betrifft einen Pedalsimulator für ein sogenanntes "Brake-by-Wire" Fahrzeugbremssystem, also ein Fahrzeugbremssystem, bei dem den einzelnen Radbremsen der Bremsbefehl durch eine elektrische Steuerleitung übermittelt wird.

Die meisten Fahrzeuge sind mit einem Bremssystem ausgerüstet, das die Fahrzeugbewegung in kontrollierter Weise verzögern oder ganz stoppen kann. Ein typisches Bremssystem für einen Pkw oder einen Kleinlastwagen umfaßt eine Scheibenbremse an jedem Vorderrad und entweder eine Trommelbremse oder eine Scheibenbremse an jedem Hinterrad. Die Bremsen werden hydraulisch, pneumatisch oder durch einen elektrischen Mechanismus betätigt, wenn der Fahrzeugführer auf ein Bremspedal drückt. Der Aufbau solcher Trommelbremsen und Scheibenbremsen und auch der zu ihrer Betätigung erforderlichen Aktoren ist allgemein bekannt und braucht deshalb hier nicht näher erläutert zu werden.

Typische Bremssysteme für Personenkraftwagen und kleinere Lastwagen sind hydraulisch, d. h. das Bremspedal betätigt einen Hauptbremszylinder, der seinerseits eine Hydraulikflüssigkeit unter Druck setzt, um die Radbremsen zu betätigen. Zur Kraftunterstützung kann ein hydraulischer oder ein Unterdruckbremskraftverstärker vorgesehen sein, jedoch wird die vom Fahrzeugführer verlangte Bremsung in Form mechanischer Kräfte und Drücke vom Bremspedal zu den einzelnen Radbremsen geleitet.

Im Gegensatz hierzu wird bei Bremssystemen, die unter dem Begriff Brake-by-Wire-Systeme bekannt sind, die Bremsanforderung des Fahrers als elektrisches Bremsanforderungssignal weitergeleitet. Dieses Bremsanforderungssignal wird dazu benutzt, einen elektrischen Aktor zu steuern. Dieser elektrische Aktor kann direkt einen Mechanismus antreiben, der die Bremsklötze oder die Bremsbacken der Radbremsen in Kontakt mit der entsprechenden, sich drehenden und abzubremenden Oberfläche zwingt, oder er kann eine hydraulische Pumpe antreiben, die zur Betätigung der Radbremsen Hydraulikfluid zu letzteren pumpt. Dieser letztgenannte Typ eines Brake-by-Wire-Systems, bei dem die Bremsanforderung zum Steuern einer Hydraulikpumpe elektrisch übertragen wird, ist auch als elektrohydraulisches System, elektrohydraulische Steuerung oder elektronisches Bremsenmanagement bekannt.

Typischerweise sind Brake-by-Wire-Bremssysteme so ausgeführt, daß die Schnittstelle zwischen dem Fahrer und der Bremsanlage, üblicherweise das Bremspedal, ähnlich dem Bremspedal einer herkömmlichen hydraulischen Bremsanlage agiert, um die Akzeptanz von Brake-by-Wire-Bremssystemen bei Käufern zu erhöhen und um Probleme bei Fahrern zu vermeiden, die während eines Bremsvorganges eine neue, andersartige Reaktion feststellen, auf die sie sich möglicherweise nicht schnell genug einstellen können. Die Konstrukteure von Brake-by-Wire-Bremssystemen versuchen deshalb normalerweise, das System so auszulegen, daß das Bremspedal anfänglich leicht niederzudrücken ist, es jedoch einem weiteren, inkrementellen Niederdrücken mit zunehmender Kraft entgegenwirkt, ähnlich wie bei einer herkömmlichen hydraulischen Bremsanlage.

Zur Erzielung dieses Verhaltens einer herkömmlichen hydraulischen Bremsanlage in einem Brake-by-Wire-Bremssystem ist unter anderem vorgeschlagen worden, das Bremspedal mit einem Pedalwegsimulator (im folgenden als Pedalsimulator bezeichnet) zu verbinden, der eine Feder enthält, die es erlaubt, das Bremspedal gegen eine betätigungswegabhängig zunehmende Kraft niederzudrücken (z. B. DE 195 40 705 A1). Der Pedalsimulator führt somit dazu,

daß sich das Bremspedal so verhält, als wäre es mit einer herkömmlichen hydraulischen Bremsanlage verbunden. Das Bremspedal kann mit der Feder über ein Gestänge direkt verbunden sein oder es kann, wie es häufig bei elektrohydraulischen Bremssystemen der Fall ist, einen Hauptbremszylinder betätigen, dessen Ausgang normalerweise hydraulisch dem Pedalsimulator zugeleitet wird.

Das Bremsanforderungssignal wird elektrisch erzeugt entweder als Funktion der vom Fahrer beim Niederdrücken des Bremspedals zum Komprimieren der Feder ausgeübten Kraft, oder als Funktion des durch einen Sensor gemessenen Bremspedalbetätigungsweges, oder als Funktion sowohl der auf das Bremspedal wirkenden Kraft als auch des Weges, um den das Bremspedal niedergedrückt wird.

Eines der Probleme eines solchen Pedalsimulators mit einer körperlich vorhandenen Feder besteht darin, daß die Charakteristik des Pedalsimulators nur durch eine physische Modifikation desselben geändert werden kann, etwa durch Auswechseln der im Pedalsimulator verwendeten Feder gegen eine Feder mit einer anderen Federkonstante oder anderen physikalischen Eigenschaften oder durch ein Nachstellen der vorhandenen Feder von Hand.

Dieses Problem, das bisher nicht wirklich erkannt worden ist, bedeutet für einen Bremsenhersteller, daß er, um entsprechend den Wünschen unterschiedlicher Automobilhersteller Bremsanlagen mit einem unterschiedlichen Bremspedalgefühl anbieten zu können, eine Vielzahl von Pedalsimulatortypen liefern muß, die jeweils eine unterschiedliche Charakteristik aufweisen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Pedalsimulator bereitzustellen, dessen Eigenschaften auf einfache Art und Weise, insbesondere ohne Teile auswechseln zu müssen, geändert werden können.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß mit einem Pedalsimulator gelöst, der die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale aufweist.

Der erfindungsgemäße Pedalsimulator verzichtet auf die herkömmliche Feder der bekannten Pedalsimulatoren und stellt statt dessen die Möglichkeit bereit, jede gewünschte Federeigenschaft elektronisch zu programmieren und auf diese Weise nachzuahmen.

Wenn das Bremspedal niedergedrückt wird, um dem erfindungsgemäßen Pedalsimulator einen Eingangswert zu liefern, wird die Kraft-Weg-Charakteristik des Pedalsimulators überwacht und mit einem vorprogrammierten Satz von Eigenschaften verglichen. Ein elektrischer Aktor wird wahlweise im benötigten Umfang betätigt, um eine weitere inkrementelle Bewegung des Bremspedals zu unterstützen oder ihr entgegenzuwirken, je nachdem was erforderlich ist, um die aktuellen Eigenschaften des Pedalsimulators in Übereinstimmung mit den vorprogrammierten Eigenschaften zu bringen. Es müssen keine physischen Veränderungen am erfindungsgemäßen Pedalsimulator vorgenommen werden, um seine Eigenschaften, insbesondere das Pedalgefühl zu ändern; die Eigenschaften können allein durch Ändern der Programmierung verändert werden. Auf diese Weise hat der erfindungsgemäße Pedalsimulator eine "programmierbare Feder", was es ermöglicht, einen einzigen Typ von Pedalsimulator in vielen unterschiedlichen Automodellen einzusetzen, in denen jeweils ein anderes Pedalgefühl gewünscht wird.

Die elektronische Steuereinheit des erfindungsgemäßen Pedalsimulators kann auch dazu benutzt werden, alle oder nur bestimmte Fahrzeugbremsen automatisch anzusteuern, d. h. ohne daß eine Betätigung des Bremspedals durch den Fahrer erfolgt. Solche automatischen Bremsvorgänge werden z. B. bei Antriebsschlupfregelungssystemen und Fahrdynamikregelungssystemen benötigt. Die elektronische

Steuereinheit wirkt zur Realisierung solcher automatischen Bremsvorgänge mit den jeweils erforderlichen Sensoren (Raddrehzahlsensoren, Lenkwinkelsensor, Gierratensensoren etc.) zusammen.

Weiterbildungen und Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Pedalsimulators sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Pedalsimulators wird im folgenden anhand der beigefügten Figuren näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Brake-by-Wire-Bremssystems, das einen erfindungsgemäßen elektronischen Pedalsimulator mit einer "programmierbaren Feder" umfaßt, und

Fig. 2 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des in **Fig. 1** wiedergegebenen elektronischen Pedalsimulators in vergrößerter Darstellung.

In **Fig. 1** ist ein allgemein mit **10** bezeichnetes Brake-by-Wire-Bremssystem dargestellt, das ein Bremspedal **12**, einen elektronischen Pedalsimulator **14**, eine elektronische Steuereinheit **16** und elektrische Bremsseinheiten **18A** bis **18D** umfaßt, von denen je eine an jedem Rad **20A** bis **20D** des Fahrzeuges angeordnet ist. Wie noch näher erläutert werden wird, ist der elektronische Pedalsimulator **14** beim Niederdrücken des Bremspedals **12** durch den Fahrer des Fahrzeuges aktiv, so daß das Bremspedal mit einem gewünschten Pedalgefühl arbeitet, um dem Fahrer eine Rückmeldung zu geben, während die Bremsanforderung gemessen und ein Bremsanforderungssignal zur elektronischen Steuereinheit **16** gesandt wird. Die elektronische Steuereinheit **16** erzeugt ihrerseits Signale an die Bremsseinheiten **18A** bis **18D**, um das Abbremsen der zugehörigen Räder **20A** bis **20D** des Fahrzeuges zu bewirken.

Die elektronische Steuereinheit **16** ist vorzugsweise dazu in der Lage, die Bremsseinheiten **18A** bis **18D** einzeln zu steuern, um eine fortschrittliche Bremsansteuerung wie beispielsweise einen Antiblockierbetrieb, eine Antriebs-schlupfregelung (Traktionskontrolle), einen selektiven Bremsengriff zur Fahrzeugstabilisierung während der Fahrt (Stabilitätskontrolle), zur Unfallverhinderung und zum Verhindern eines Rückrollens am Berg oder ähnliches zu ermöglichen. Natürlich müssen hierzu geeignete Sensoren (nicht dargestellt) vorhanden sein, die entsprechende Signale an die elektronische Steuereinheit **16** abgeben, um solche fortschrittlichen Bremsansteuerungstechniken zu unterstützen. Solche Sensoren können beispielsweise Raddrehzahlsensoren, Lenkwinkelsensoren, Fahrzeuggiersensoren, ein Antikollisionsradar und ähnliches sein.

Obwohl die Bremsseinheiten **18A** bis **18D** im vorliegenden Beispiel elektrisch betrieben sind, kann der Ausgang der elektronischen Steuereinheit **16** statt dessen auch dazu benutzt werden, den Betrieb einer hier nicht dargestellten Hydraulikpumpe zu steuern, die dazu verwendet werden kann, hydraulisch betriebene Bremsseinheiten, die anstelle der elektrisch betriebenen Bremsseinheiten **18A** bis **18D** vorgesehen sein können, mit Hydraulikdruck zu versorgen. Die elektronische Steuereinheit **16** könnte dabei den Betrieb von nicht gezeigten Ventilen steuern, um den von einer einzigen Hydraulikpumpe erzeugten Druck bezüglich der einzelnen Bremsseinheiten zu regeln, oder sie kann einzelne Hydraulikpumpen an jeder Bremsseinheit ansteuern, um die obengenannten fortschrittlichen Bremsansteuerungstechniken zu realisieren.

Unter Bezugnahme auf **Fig. 2** wird nun der Aufbau einer bevorzugten Ausführungsform des elektronischen Pedalsimulators **14** beschrieben. Gemäß **Fig. 2** hat der elektronische Pedalsimulator **14** einen Stellungssensor **32**, eine Spindel **34**, mehrere Planetenräder **36**, eine Spindelmutter oder

Motorausgangswelle **38**, einen als elektrischen Motor **40** mit umkehrbarer Laufrichtung und variablem Drehmoment ausgestalteten elektrischen Aktor und einen Kraftsensor **42**. Das Bremspedal **12** ist über ein Bremspedalgestänge **44** funktionell mit dem Pedalsimulator gekoppelt. Wie noch erläutert werden wird, erzeugt der Stellungssensor **32** ein Signal an die elektronische Steuereinheit **16**, das die relative Stellung der Spindel **34** und damit des Bremspedals **12** angibt, und der Kraftsensor **42** erzeugt ein Signal an die elektronische Steuereinheit **16**, das die vom Fahrer ausgeübte Pedalkraft angibt. Die Signale von dem Stellungssensor **32** und dem Kraftsensor **42** werden dazu benutzt, den Betrieb des Pedalsimulators **14** zu überwachen und sie können darüber hinaus auch als Maß für die Bremsanforderung verwendet werden.

Vorzugsweise bilden die Spindel **34**, die Planetenräder **36** und die Spindelmutter **38** eine Vorrichtung ähnlich derjenigen, wie sie im US-Patent 4 926 708 an Dietrich et al beschrieben ist. Auf den Inhalt des genannten US-Patents wird hiermit ausdrücklich verwiesen. Die Spindel **34** hat an ihrer Außenseite ein relativ feines Gewinde **46**. Die Planetenräder **36** sind um die Spindel **34** herum angeordnet und drehen sich um die Spindel. Jedes Planetenrad **36** ist ebenfalls mit einem feinen Gewinde **48** versehen, das mit dem Gewinde **46** auf der Spindel **34** in Eingriff ist und dieselbe Steigung hat. Jedes Planetenrad **36** ist darüber hinaus mit einem groben Führungsgewinde **50** versehen, das mit einem groben Führungsgewinde **52** gleicher Steigung auf der Innenseite der Spindelmutter **38** in Eingriff ist. Die Axialbewegung der Spindel **34** kann so eine Drehung der Planetenräder **36** und der Spindelmutter **38** bewirken.

Die Spindelmutter **38** stützt eine Spindelmutterabdeckung **54** zur Drehung mit ersterer ab. Die Spindelmutterabdeckung **54** schützt die Planetenräder **36** vor Staub. Die Spindelmutter **38** stützt darüber hinaus die Planetenräder **36** zur Drehung in der Spindelmutter **38** ab und sie führt und stützt, durch die Planetenräder **36**, die Spindel **34**. Die Spindelmutter **38** ist zur Drehung mit einem Rotor **56** des Motors **40** gekoppelt. Die Spindelmutter **38** und der Rotor **56** sind durch ein Paar Lager **60** und **62** zur Drehung relativ zu einem Stator **58** des Motors **40** abgestützt. Das Lager **60** stützt die Spindelmutter **38** in bezug auf ein rohrförmiges inneres Gehäuse **64** ab, während das Lager **62** den Rotor **56** an einem inneren Gehäusedeckel **66** abstützt. Der innere Gehäusedeckel **66** wiederum ist am inneren Gehäuse **64** abgestützt. Der innere Gehäusedeckel **66** stützt das Lager **62** sowohl axial als auch radial. Ein zweiter innerer Gehäusedeckel **68** stützt das Lager **60** axial ab, während das innere Gehäuse **64** das Lager **60** radial abstützt. Das innere Gehäuse ist von einem rohrförmigen äußeren Gehäuse **70** und einem Paar gegenüberliegender Gehäusedeckel **72** und **74** umschlossen. Die Außengehäusedeckel **72** und **74** stützen das Innengehäuse **64** ab und legen es gegen eine deutliche Bewegung relativ zum Außengehäuse **70** des Pedalsimulators **14** fest. Der Kraftsensor **42** ist vorzugsweise am Außengehäusedeckel **74** angebracht, um die vom Bremspedalgestänge **44** auf den Pedalsimulator **14** ausgeübte Kraft zu messen. Die über das Bremspedalgestänge **44** ausgeübte Kraft wird durch die Spindel **34** auf die Planetenräder **38**, die Spindelmutter **38** sowie durch die Lager **60** und **62** auf das Innengehäuse **64** und dann auf den Kraftsensor **42** übertragen.

Die Lage des Stellungssensors **32** und des Kraftsensors **42** kann von der hier dargestellten abweichen. Beispielsweise kann der Stellungssensor **32** so angebracht sein, daß er die Bewegung des Bremspedals **12** direkt mißt, und der Kraftsensor **42** kann zum direkten Messen der im Bremspedalgestänge **44** auftretenden Kräfte angeordnet sein.

Im folgenden wird die Funktion des Pedalsimulators 14 näher erläutert: Sollen die elektrischen Bremseinheiten 18A bis 18D betätigt werden, um die Drehung der zugehörigen Räder 20A bis 20D des Fahrzeugs zu verlangsamen oder zu stoppen, wird der Fahrer das Bremspedal 12 betätigen. Letzteres ist über das in Fig. 1 gezeigte Bremspedalgestänge 44 funktionell mit der Spindel 34 gekoppelt, so daß ein Niederdrücken des Bremspedals 12 die Spindel 34 in Fig. 2 axial nach rechts verlagert. Die Spindel 34 ist in geeigneter Weise, beispielsweise durch ihre nicht dargestellte Koppelung mit dem Bremspedalgestänge 44, gegen eine Drehung gesichert.

Die Axialverlagerung der Spindel 34 wird vom Stellungssensor 32 erkannt und er erzeugt ein Signal an die elektronische Steuereinheit 16, das die Relativstellung der Spindel 34 und damit die Stellung des Bremspedals 12 angibt. Darüber hinaus erzeugt der Kraftsensor 42 ein Signal an die elektronische Steuereinheit 16, das die gemessene Kraft des Bremspedalgestänges 44 auf den Pedalsimulator 14 angibt, die proportional zu der vom Fahrer auf das Bremspedal ausgeübten Kraft ist. Die elektronische Steuereinheit 16 kombiniert vorzugsweise die Signale des Positionssensors 34 und des Kraftsensors 42 zum Ermitteln der Bremsanforderung. Die elektronische Steuereinheit 16 sendet dann ein Signal zu jeder elektrischen Bremseinheit 18A bis 18D, um die Drehung des zugehörigen Rades 20A bis 20D des Fahrzeugs entsprechend der Bremsanforderung des Fahrers zu verlangsamen oder anzuhalten.

Wenn der Fahrzeugführer das Bremspedal 12 nicht mehr niederdrückt, erkennt die elektronische Steuereinheit 16, daß die ausgeübte Kraft in Relation zur gewünschten Kraft für die vom Stellungssensor 32 erfüllte Stellung niedrig ist. Die elektronische Steuereinheit 16 aktiviert den Elektromotor 40, der die Spindelmutter 38 und die Planetenräder 36 dreht, um die Spindel 34 bezogen auf Fig. 2 nach links so zu verlagern, als solle die vom Kraftsensor 42 erfüllte Kraft erhöht werden. Da der Fahrzeugführer das Bremspedal 12 jedoch freigegeben hat, bewegt der Motor 40 die Spindel 34 und damit das Bremspedal 12 in eine nicht betätigte Ausgangsstellung. Gleichzeitig erzeugt die elektronische Steuereinheit 16 ein Signal an jede elektrische Bremseinheit 18A bis 18D, um sie in eine nicht betätigte Stellung zu bringen, wodurch eine freie Drehung der Fahrzeugräder 20A bis 20D ermöglicht ist.

Der Elektromotor 40 des elektronischen Pedalsimulators 14 kann ein "aktiver" oder "passiver" Motor sein. In einem elektronischen Pedalsimulator 14 mit aktivem Elektromotor 40 ist die Steigung der zusammenwirkenden Gewinde an der Spindel 34 und den Planetenrädern 36 relativ klein, so daß eine Selbsthemmung erzielt ist. Bei solchermaßen selbsthemmenden Gewinden kann eine auf die Spindel 34 ausgeübte Axialkraft über die Gewinde an der Spindel 34 und den Planetenrädern 36 kein Drehmoment erzeugen, das zur Überwindung der zwischen den Gewinden bestehenden Reibung ausreichen würde, so daß weder die Planetenräder 36 noch die Spindelmutter 38 sich drehen. Die auf die Spindel 34 ausgeübte Kraft wird jedoch auf den Kraftsensor 42 übertragen und das von diesem erzeugte Kraftsignal wird der elektronischen Steuereinheit 16 zugeführt, wo es mit dem vom Stellungssensor 32 erzeugten Stellungssignal verglichen wird. Das Verhältnis der beiden Signale wird mit einem vorprogrammierten, gewünschten Verhältnis verglichen, das in der elektronischen Steuereinheit 16 abgespeichert ist. Beispielsweise kann das gewünschte Verhältnis zwischen Kraft und Stellung in Form einer Tabelle in der Steuereinheit 16 gespeichert sein, es kann aber auch entsprechend vorprogrammierter Funktionen in der Steuereinheit 16 dynamisch berechnet werden. Das gewünschte Verhält-

nis zwischen Kraft und Stellung wird normalerweise so sein, daß bei einem anfänglichen Niederdrücken des Bremspedals 12 ein geringer Bewegungswiderstand besteht. Sind in dem Pedalsimulator selbsthemmende Gewinde vorhanden, wird die vom Fahrzeugführer auf das Bremspedal ausgeübte Kraft anfänglich zu keiner Verlagerung der Spindel 34 führen. Eine Abweichung von dem in die elektronische Steuereinheit 16 einprogrammierten, erwünschten Verhältnis einer niedrigen Kraft für eine anfängliche Bewegung wird deshalb von der elektronischen Steuereinheit 16 festgestellt werden. Der Elektromotor 40 wird daraufhin von der Steuereinheit 16 derart aktiviert, daß er sich in einer Richtung dreht, die das Bremspedal 12 dabei unterstützt, die Spindel 34 in der erforderlichen Richtung zu verlagern, damit sichergestellt wird, daß für die gemessene Kraft die gewünschte Bremspedalbewegung erfolgt. Ein solcher Pedalsimulator 14 wäre ein "aktiver" Pedalsimulator, denn der Elektromotor 40 muß aktiviert werden, um eine Bewegung des Bremspedals zu gestatten.

Im Gegensatz dazu sind bei einem "passiven" elektronischen Pedalsimulator 14 die Steigungen der entsprechenden Gewinde der Spindel 34 und der Planetenräder 36 relativ hoch und damit nicht selbsthemmend. Das Bremspedal 12 kann deshalb niedergedrückt werden und verlagert die Spindel 34, ohne daß hierfür der Elektromotor 40 aktiviert werden müßte. Während einer Verlagerung der Spindel 34 wird das Verhältnis zwischen der vom Kraftsensor 42 gemessenen Kraft und der vom Stellungssensor 32 gemessenen Stellung fortwährend durch die elektronische Steuereinheit 16 überwacht. Weicht das Verhältnis zwischen Kraft und Stellung von dem in die Steuereinheit 16 programmierten, gewünschten Verhältnis ab, wird der Elektromotor 40 aktiviert, um retardierend auf die Axialverlagerung der Spindel 34 einzuwirken, wenn die gemessene Kraft kleiner als die für eine gemessene Stellung gewünschte Kraft ist, oder um die Verlagerung der Spindel 34 zu unterstützen, wenn die gemessene Kraft im Vergleich zur gewünschten Kraft bei einer gemessenen Stellung hoch ist.

Wird das Bremspedal 12 relativ schnell niedergedrückt, wie es beispielsweise bei einer Notbremsung der Fall ist, hat ein passiver elektronischer Pedalsimulator 14 Vorteile, da anzunehmen ist, daß er die dabei auftretende Dynamik der beteiligten Komponenten besser verkraften kann. Darüber hinaus kann ein solcher passiver elektronischer Pedalsimulator 14 relativ einfach, beispielsweise am in Fig. 2 rechten Ende der Spindel 34, mit einer hier nicht dargestellten Reservebremseinrichtung gekoppelt werden, beispielsweise mit dem Hauptbremszylinder eines hydraulischen Reservebremskreises.

Falls gewünscht, etwa dann, wenn ein aktiver Pedalsimulator 14 eingesetzt wird, oder falls zur Verbesserung des Ansprechverhaltens eines passiven Pedalsimulators 14 erforderlich, kann eine zusätzliche Feder-/Dämpferkombination 76 zwischen dem Bremspedal 12 und dem elektronischen Pedalsimulator 14 vorgesehen sein (siehe Fig. 1). Die Feder-/Dämpferkombination 76 stellt in dem Bremspedalgestänge einen unter Federvorspannung stehenden Leerweg bereit, der eine anfängliche Verlagerung des Bremspedals gegen eine geringe Kraft erlaubt, bevor der Elektromotor 40 zum Erzeugen des gewünschten Drehmoments aktiviert wird, womit potentielle Probleme hinsichtlich der Ansprechzeit des elektronischen Pedalsimulators 14 beim Betätigen des Bremspedals 12 reduziert sind, insbesondere bei sehr schneller Bremspedalbetätigung, wie sie etwa bei einer Notbremsung vorkommt. Der Stellungssensor 32 wird bei einer solchen Anordnung vorzugsweise so positioniert sein, daß er die Verlagerung des Bremspedals 12 oder des Bremspedalgestänges 44 zwischen dem Bremspedal 12 und der Fe-

der-/Dämpferkombination 76 überwacht. Eine solche Positionierung des Stellungssensors 32 erlaubt der elektronischen Steuereinheit 16, auf das sich ändernde Stellungssignal zu reagieren und den Elektromotor 40 zu aktivieren, bevor der durch die Feder-/Dämpferkombination 76 bereitgestellte Leerweg aufgebraucht ist. 5

Ein entscheidender Vorteil des elektronischen Pedalsimulators 14 besteht darin, daß eine aktive Programmiermöglichkeit hinsichtlich des Pedalgefühls und des Pedalwegs gegeben ist, das bzw. den ein Fahrzeugführer beim Niederdrücken des Bremspedals 12 wahrnimmt. Darüber hinaus stellt der elektronische Pedalsimulator 14 eine "programmierbare Feder" bereit, die kein Dämpfungselement benötigt, um dem Fahrzeugführer das angenehme Pedalgefühl zu vermitteln, das er üblicherweise beim Betätigen einer herkömmlichen hydraulischen Bremsanlage wahrnimmt, insbesondere bei Notbremsungen mit sehr schneller Bremspedalbetätigung. Des weiteren ermöglicht die programmierbare Feder des elektronischen Pedalsimulators 14 jede gewünschte Kraft-Weg-Charakteristik, einschließlich einer gewünschten Hysterese und Dämpfung. 15 20

Der beschriebene Pedalsimulator 14 kann in Gestalt jedes geeigneten Bewegungswandlers ausgeführt werden, der eine axiale Bewegung in eine Drehbewegung umwandelt, wie etwa eine Kugelumlaufspindel oder eine andere Einrichtung, und der mit einem Elektromotor gekoppelt ist, der wie oben beschrieben gesteuert ist. Es liegt auch im Rahmen der vorliegenden Erfindung, den Pedalsimulator als einen Linearantrieb mit variabler Kraft auszuführen, der mit dem Bremspedal gekoppelt ist, um einer Verlagerung des Bremspedals variabel und direkt entgegenzuwirken und um das Bremspedal in eine Ausgangsstellung zurückzuführen, ohne daß ein Bewegungswandler erforderlich wäre, der eine Linearbewegung in eine Drehbewegung wandelt. 25 30 35

Patentansprüche

1. Elektronischer Pedalsimulator (14) für ein Fahrzeugbremsystem, mit:
 - einem Eingangsglied, das von einem Fahrzeugführer wahlweise verlagert wird, 40
 - einer Einrichtung zum Ermitteln eines Verhältnisses zwischen einer Stellung des Eingangsgliedes und einer Kraft, mit der der Fahrzeugführer das Eingangsglied verlagert, und 45
 - einer programmierbaren Federeinrichtung zum wahlweisen Unterstützen und Entgegenwirken einer vom Fahrzeugführer bewirkten Verlagerung des Eingangsgliedes entsprechend einem vorbestimmten Verhältnis aus Stellung und Kraft. 50
2. Pedalsimulator nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch
 - ein Bremspedal (12),
 - einen elektrischen Aktor, der funktionell mit dem Bremspedal (12) gekoppelt ist, um wahlweise eine Kraft auf letzteres auszuüben, 55
 - einen Stellungssensor (32) zum Erzeugen eines Stellungssignals in Abhängigkeit der Stellung des Bremspedals (12),
 - einen Kraftsensor (42) zum Erzeugen eines Kraftsignals in Abhängigkeit der von einem Fahrer auf das Bremspedal (12) ausgeübten Kraft, und 60
 - eine elektronische Steuereinheit (16) mit einem darin einprogrammierten, gewünschten Verhältnis zwischen dem Stellungssignal und dem Kraftsignal, wobei die elektronische Steuereinheit (16) ein tatsächliches Verhältnis zwischen dem Stellungssignal und dem Kraftsignal ermittelt, und dieses tatsächliche Verhältnis mit dem gewünschten Verhältnis vergleicht und den elektrischen Aktor (34, 36, 38, 40, 56) derart steuert, daß er wahlweise eine Kraft auf das Bremspedal (12) ausübt, um das tatsächliche Verhältnis mit dem gewünschten Verhältnis in Übereinstimmung zu bringen. 65

lungssignal und dem Kraftsignal ermittelt, und dieses tatsächliche Verhältnis mit dem gewünschten Verhältnis vergleicht und den elektrischen Aktor (34, 36, 38, 40, 56) derart steuert, daß er wahlweise eine Kraft auf das Bremspedal (12) ausübt, um das tatsächliche Verhältnis mit dem gewünschten Verhältnis in Übereinstimmung zu bringen.

3. Pedalsimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Aktor (34, 36, 38, 40, 56) einen Bewegungswandler (34, 36, 38), der eine Drehbewegung in eine Linearbewegung umwandelt, zum Koppeln eines Elektromotors (40) an das Bremspedal (12) aufweist.
4. Pedalsimulator nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Bewegungswandler (34, 36, 38) eine Spindel (34) mit einem darauf ausgebildeten Gewinde (46), eine Spindelmutter (38) mit einem daran ausgebildeten Innengewinde (52) und mehrere Planetenräder (36) umfaßt, die mit den Gewinden (46) und (52) der Spindel (34) bzw. der Spindelmutter (38) zum Koppeln der Spindel (34) mit der Spindelmutter (38) in Eingriff sind, wobei die Spindel (34) mit dem Bremspedal (12) gekoppelt ist, um sich bei einer Verlagerung des Bremspedals mit diesem axial zu bewegen, und wobei die Spindelmutter (38) funktionell mit dem Drehausgang des Elektromotors (40) gekoppelt ist.
5. Pedalsimulator nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß eines der Gewinde an der Spindel (34) und an der Spindelmutter (38) selbsthemmend ist.
6. Pedalsimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Aktor ein "aktiver" Aktor ist.
7. Pedalsimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Aktor ein "passiver" Aktor ist.
8. Pedalsimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine Feder-/Dämpfereinheit (76) funktionell zwischen dem Bremspedal (12) und dem elektrischen Aktor angeordnet ist, die einen unter Federvorspannung stehenden Leerweg zwischen dem Bremspedal (12) und dem elektrischen Aktor bereitstellt.
9. Pedalsimulator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellungssensor (32) die Stellung eines Bremspedalgestänges (44) überwacht, welches das Bremspedal (12) mit der Feder-/Dämpfereinheit (76) koppelt, um ein Stellungssignal in Abhängigkeit der Bremspedalstellung anzugeben.
10. Pedalsimulator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Bremspedal (12) durch den elektrischen Aktor hindurch mit einem Reservebremssystem gekoppelt ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

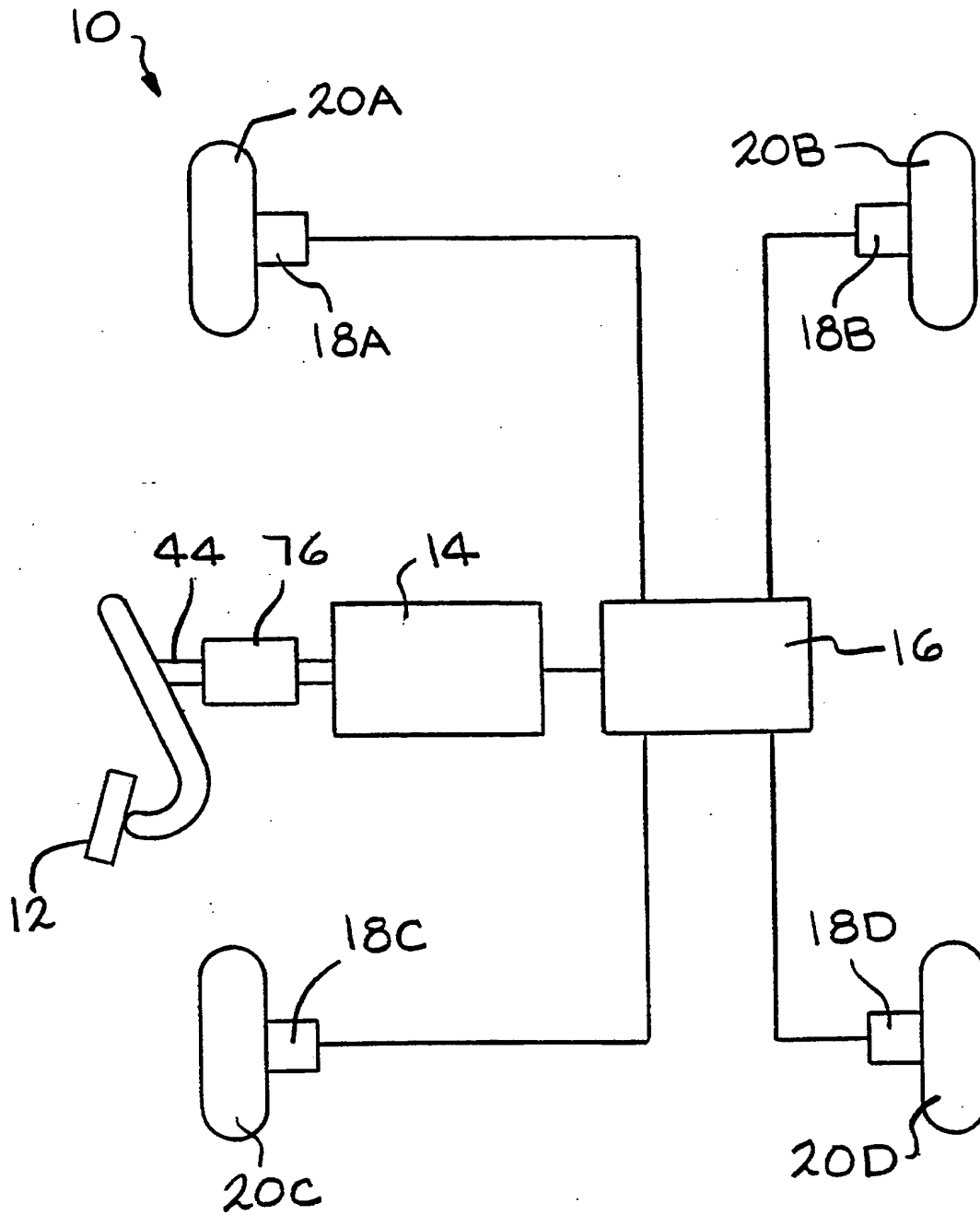


FIG. 1

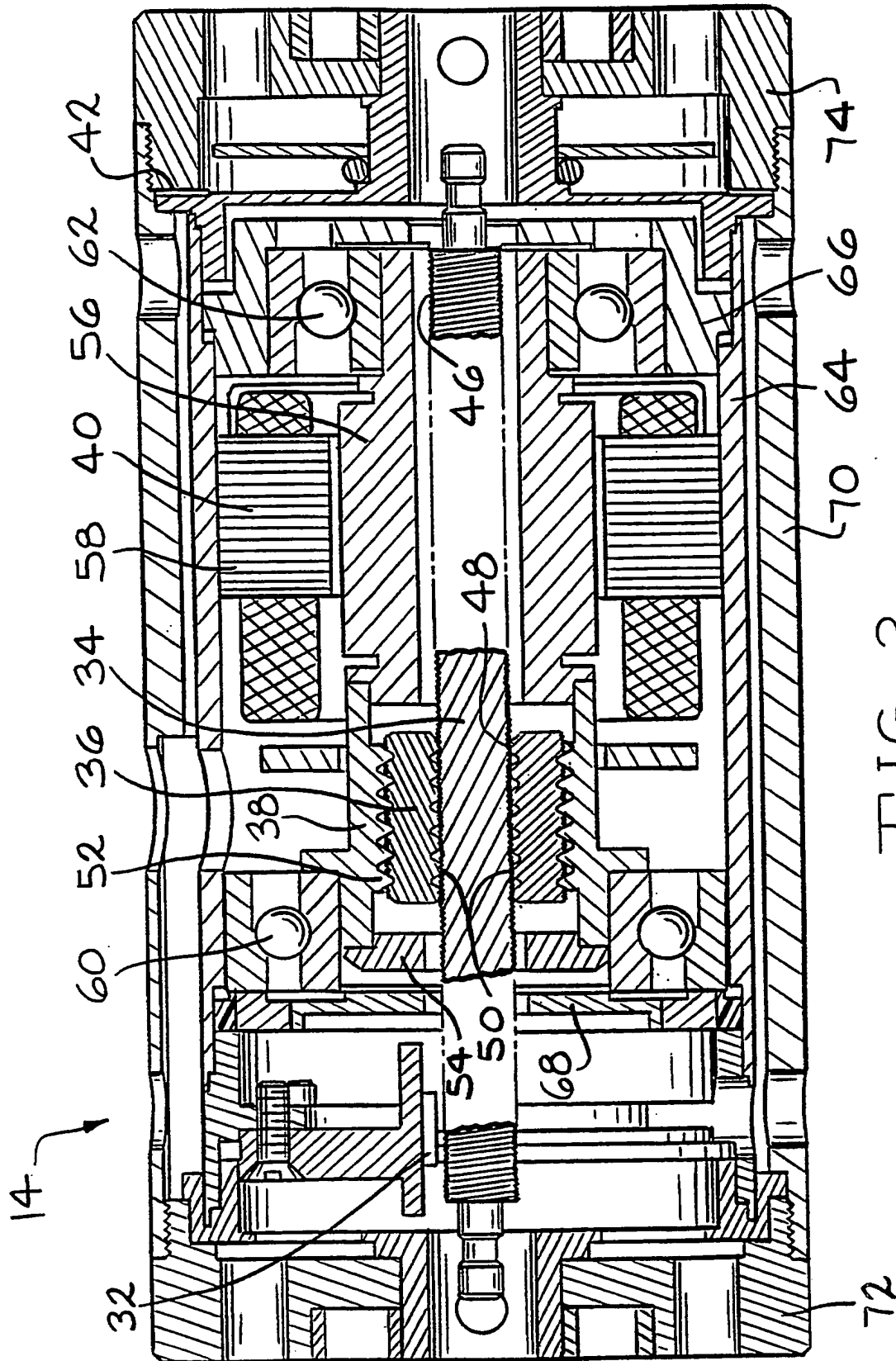


FIG. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)